



# The REDACT project Educational Hub

## Earthquake induced Geotechnical failures

**Deliverable No: D.T3.5.1f (RO)**

GA T3 Implementation of REDA system (pilot studies)

**Created by:**  
Democritus University of Thrace (DUTH)

### **CONTRIBUTING PARTNERS:**

- The International Hellenic University (TEICM/IHU)
- Institute of Engineering Seismology & Earthquake Engineering - Research Unit of Earthquake Planning & Protection Organization (ITSAK-EPPO)
  - Gebze Technical University (GTU)
  - Ovidius University of Constanta (OUC)
- Institute of Geology and Seismology Moldova (IGS/MSU)

**PROJECT DETAILS:**

<b>Programme</b>	Black Sea Joint Operational Programme 2014-20
<b>Priority and Measure</b>	2. Promote coordination of environmental protection and joint reduction of marine litter in the Black Sea Basin
<b>Objective</b>	2.1 Improve joint environmental Monitoring
<b>Project Title</b>	Rapid Earthquake Damage Assessment Consortium
<b>Project Acronym</b>	REDACt
<b>Contract No</b>	BSB-966
<b>Lead Partner</b>	The Legal Successor in rights and Duties of TEICM_SARF, IHU SARF, GREECE
<b>Total Budget</b>	974.860,00 Euro (€)
<b>Time Frame: Start Date - End Date</b>	01/07/2020 - 30/06/2023
<b>Project Coordinator</b>	Papatheodorou K. (IHU-TEICM)

**DELIVERABLE CONTRIBUTORS:**

Klimis N. (DUTH), Papathanassiou G. (DUTH), Giougkis I. (DUTH), Papatheodorou Konstantinos, Papatheodorou K. (TEICM), Theodoulidis N. (ITSK-EPPO), Margaris B. (ITSK-EPPO), Zulfikar C. (GTU), Tekin S. (GTU), Toma-Danila D. (OUC), Vintila D. (OUC), Cardanet V. (IGS/MSU)

**Stakeholders:** BSB JOP 2014-20 eligible area

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	2 of 16

### RECORD OF REVISIONS

Issue/Rev	Date	Page(s)	Description of Change	Release
1	30.06.2023	15	First version	I.01
2	31.07.2023	16	Final Version	I.02

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	3 of 16

**DOCUMENT RELEASE SHEET**

<b>Responsible Partner: Democritus University of Thrace (DUTH)</b>		
<b>Approval</b>	<b>Emmanouil Kirtas</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approval</b>	<b>Nikolaos Theodoulidis</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approval</b>	<b>Nikolaos Klimis</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approval</b>	<b>Can Zulfikar</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approval</b>	<b>Dragos Vintila</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approval</b>	<b>Vladlen Cardanet</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Approved by the Project Coordinator:</b>	<b>Konstantinos Papatheodorou</b>	 Signature 31.07.2023
<b>Distribution:</b>	<b>ALL PARTNERS</b>	

## Table of contents

1. Contextul documentului .....	6
1.1 Domeniul de aplicare și obiectivele .....	6
1.2 Documente conexe .....	6
1.2.1 Input.....	6
1.2.2 Output .....	6
2. Mișcări seismice și cedări ale solului .....	7
3. Hărți de risc de alunecări de teren .....	7
4. Înțelegerea, evaluarea și comunicarea riscurilor de alunecări de teren .....	11
5. Hărți de risc de lichefiere .....	13
6. Referințe .....	16

## List of figures

Figură 1: Cutremurul din Lefkada (Mw6,4, 17-11-2015) utilizat ca efect declanșator pentru validarea modelului statistic de evaluare a riscului de alunecări de teren (Jessee et al., 2018) încorporat în REDAS (Rapid Earthquake Damage Assessment System) .....	9
Figură 2 Rezultatul modelului statistic al alunecărilor de teren (Jessee et al., 2018) și validarea cu alunecările de teren co-sismice studiate ca puncte negre (Papathanassiou et al. 2017;2021); (a) vs (b): probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren față de alunecările de teren co-sismice studiate și (c) vs (d): frecvența apariției alunecărilor de teren față de alunecările de teren co-sismice cartografiate. ....	10
Figură 3 Rezultatul modelului de pantă infinită pentru condiții umede și grosimea masei de alunecare de 1 m (partea stângă), validat cu rezultatul modelului statistic și cu alunecările de teren cartografiate (partea dreaptă). ....	11
Figură 4 "Valuri" de sol lichefiat (stânga) și zona puternic lichefiată (dreapta). Fotografii de la cutremurul din Noua Zeelandă din Christchurch (M6.3, 21-2-2011), sursa: <a href="http://www.nzherald.co.nz">http://www.nzherald.co.nz</a> . ....	14
Figură 5 (stânga) Prăbușirea clădirilor din cauza lichefierii solului în timpul cutremurului din 1964 din Niigata, Japonia (foto: Joseph Penzien), (dreapta) Deplasare verticală cu înclinare semnificativă a clădirii din Adapazari Türkiye, 17-8-1999. ....	14
Figură 6 (a) harta predictivă a pericolului de lichefiere pentru zona râului Pineios, care descrie probabilitatea de lichefiere pe baza modelului de regresie Zhu et al. (2017), (b) validarea pericolului de lichefiere predictiv (Zhu et al., 2017) față de locațiile de lichefiere cercetate, delimitate de curbe eliptice de culoare galbenă (Papathanassiou et al., 2022). Validarea s-a bazat pe cutremurul din Thessalia (Mw6.3, 3-3-2021). ....	15

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	5 of 16

## 1. Contextul documentului

### 1.1 Domeniul de aplicare și obiectivele

Ori de câte ori are loc un cutremur puternic, o parte din pagube este legată de cedările terenului. Există o varietate semnificativă de cedări ale terenului declanșate de un cutremur. Chiar dacă numărul de cedări ale terenului provocate de cutremur este destul de mare (alunecări de teren prin rotație și translație, alunecări de rocă, căderi de rocă, răsturnări, răspândire laterală, curgeri de moloz, avalanșe de moloz, curgeri de pământ, curgeri lente de pământ, lichefiere etc.), în prezentul document ne concentrăm asupra evaluării riscului de alunecare de teren și lichefiere la scară regională.

Cetățenii care locuiesc în apropierea unor zone predispuse la alunecări sau lichefiere ar trebui să știe în ce măsură ar putea fi expuși la un astfel de pericol pentru a acționa în consecință. În plus, autoritățile de protecție civilă ar dori să aibă o estimare a distribuției geospațiale a posibilelor pagube și pierderi, în special în mediul urban sau non-urban, pentru a răspunde în mod corespunzător în vederea reducerii riscului seismic în primele ore după cutremur. Domeniul de aplicare al acestui produs este de a furniza informații publicului cu privire la două riscuri geotehnice de bază, cum ar fi alunecările de teren și lichefierea, precum și părților interesate din domeniul protecției civile, pentru a se concentra asupra zonelor în care oamenii și infrastructura ar putea fi grav afectate.

Documentul face parte din REDACt Educational Hub (Edu-Hub). Acesta valorifică materialele respective publicate de autoritățile competente la nivel național și regional și se bazează pe cercetările efectuate în cadrul proiectului și pe principii recunoscute la nivel internațional și acceptate pe scară largă. Universitatea Democritus din Tracia a condus acest efort, iar partenerii au contribuit cu date, informații și traduceri.

### 1.2 Documente conexe

#### 1.2.1 Input

Table 1. Lista documentelor anterioare care au servit drept contribuții la prezentul document

Document ID	Descriptor
D.T.3.5.1	Centrul educațional al proiectului REDACt

#### 1.2.2 Output

Table 2. Lista altor produse pentru care acest document este o contribuție.

Document ID	Descriptor
D.T3.2.1	Evaluarea riscului geotehnic declanșat de cutremur (studiu pilot)

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	6 of 16

## 2. Mișcări seismice și cedări ale solului

Inginerii, geologii și alți profesioniști se bazează adesea pe definiții ușor diferite ale alunecărilor de teren. Această diversitate se datorează complexității fenomenului. Cu toate acestea, în acest document, alunecarea de teren este tratată ca un termen generic pe care îl folosim pentru a descrie mișcarea în pantă a solului sau a rocilor sub efectul gravitației, care este declanșată de forțele seismice induse în timpul unui eveniment seismic puternic. Obiectivul este de a pregăti hărți de evaluare a riscului de alunecare de teren la scară regională, pe baza diferitelor scenarii seismice. Aceste hărți nu intenționează să înlocuiască proiectele specifice pentru fiecare sit, fiind absolut necesare în scopul proiectării, dar sunt menite să ajute protecția civilă în scopul prevenirii și în etapa de pregătire, precum și în planificarea strategică (acțiuni înainte de un eveniment). De asemenea, ele pot fi utilizate ca instrument de răspuns în timpul și imediat după un eveniment seismic, pentru a se concentra asupra zonelor în care este probabil să se producă alunecări de teren și în care expunerea unui obiect este în pericol.

## 3. Hărți de risc de alunecări de teren

Hărțile de risc de alunecare de teren arată extinderea pe suprafață a proceselor amenințătoare, unde au avut loc procesele de alunecare de teren în trecut (dacă există hărți de inventariere pentru zona examinată), evenimentele recente și, cel mai important, probabilitatea ca în diferite zone să aibă loc o alunecare de teren în viitor. O hartă completă a pericolului de alunecare de teren pentru o anumită zonă ar trebui să conțină informații detaliate privind tipurile de alunecări de teren, amplitudinea pantei supuse cedării și amplitudinea maximă probabilă a mișcării solului.

Hărțile de risc de alunecări de teren pot fi realizate cu abordări diferite în funcție de scara utilizată (națională, regională, locală, specifică locului), pe măsură ce trecem de la scara mică la cea mare. Deoarece suntem interesați de hărțile de hazard la scară regională, am adoptat două abordări diferite, după cum urmează:

- metode bazate pe statistică și
- metode bazate fizic

"Metodele statistice" oferă hărți de risc în ceea ce privește probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren și frecvența acestora. Pentru a evalua o hartă cantitativă a hazardului alunecărilor de teren la scară regională, este necesar să se cunoască probabilitatea spațială (PS), probabilitatea dimensiunii alunecării de teren (PM) și probabilitatea temporală pentru diferite perioade de timp (P). T

Pe de altă parte, "metodele fizice" se bazează pe modele de stabilitate a versanților. Cele mai multe dintre acestea sunt aplicate la scară locală, iar modelul pantei infinite (IFS) este utilizat pe scară largă. Modelul IFS este un model simplu, destul de reușit pentru descrierea proceselor de alunecare de teren de mică adâncime. Hărțile rezultate descriu factorul de

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>L02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	7 of 16

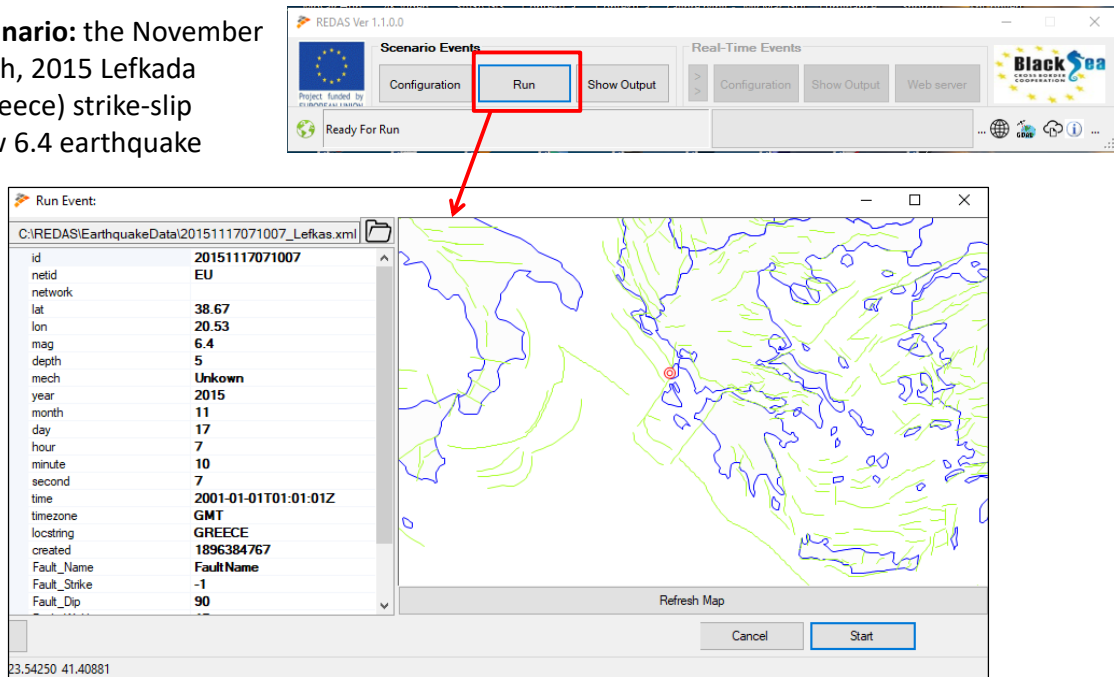
siguranță pentru fiecare pixel pentru un anumit scenariu. Modelele bazate pe fizica sunt aplicabile în zonele cu un inventar incomplet sau chiar inexistent al alunecărilor de teren. Rezultatele unor astfel de modele sunt mai concrete și mai consistente decât metodele euristice și statistice. Cu toate acestea, ori de câte ori sunt utilizate la scară regională sau pe suprafețe mari, ele suferă de principalul dezavantaj, care este fie gradul ridicat de simplificare excesivă, fie necesitatea unor cantități mari de date de intrare fiabile. Metodele bazate pe date fizice pot fi utilizate cu succes atunci când condițiile geologice și geomorfologice ale zonei examinate sunt destul de omogene, iar tipurile de alunecări de teren sunt relativ simple. În concluzie, nu toate metodele sunt la fel de aplicabile la fiecare scară de analiză. Din acest motiv, utilizarea în paralel a două metode diferite, statistică și bazată pe fizica, garantează o evaluare mai completă și mai puțin subiectivă a riscului de alunecare de teren.

Pentru a oferi o idee despre hărțile de risc de alunecări de teren (induse de cutremure) care sunt produse și utilizate, prezentăm un exemplu din falia seismică cauzală a cutremurului din Lefkada (Mw6.4, 17-11-2015). Hărțile de risc de alunecări de teren produse ca urmare a efectului de declanșare a faliei seismice cauzale din Lefkada sunt tratate atât printr-o metodă statistică (Nowicki et al., 2014; Jessee et al., 2018), cât și printr-o metodă bazată fizic pe modelul de pantă infinită (ISM). În figura 1 prezentăm datele necesare ale faliei seismice cauzale a cutremurului din Lefkada (Mw6,4, 17-11-2015) ca date de intrare. Abordarea statistică furnizează hărți cu probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren și frecvența acestora (figura 2), în timp ce modelul de pantă infinită, bazat pe fizică, furnizează valori ale factorului de siguranță (figura 3). Hărțile regionale de risc de alunecări de teren produse de cele două abordări diferite sunt validate prin alunecări de teren co-sismice studiate (Papathanassiou et al., 2017; 2021)

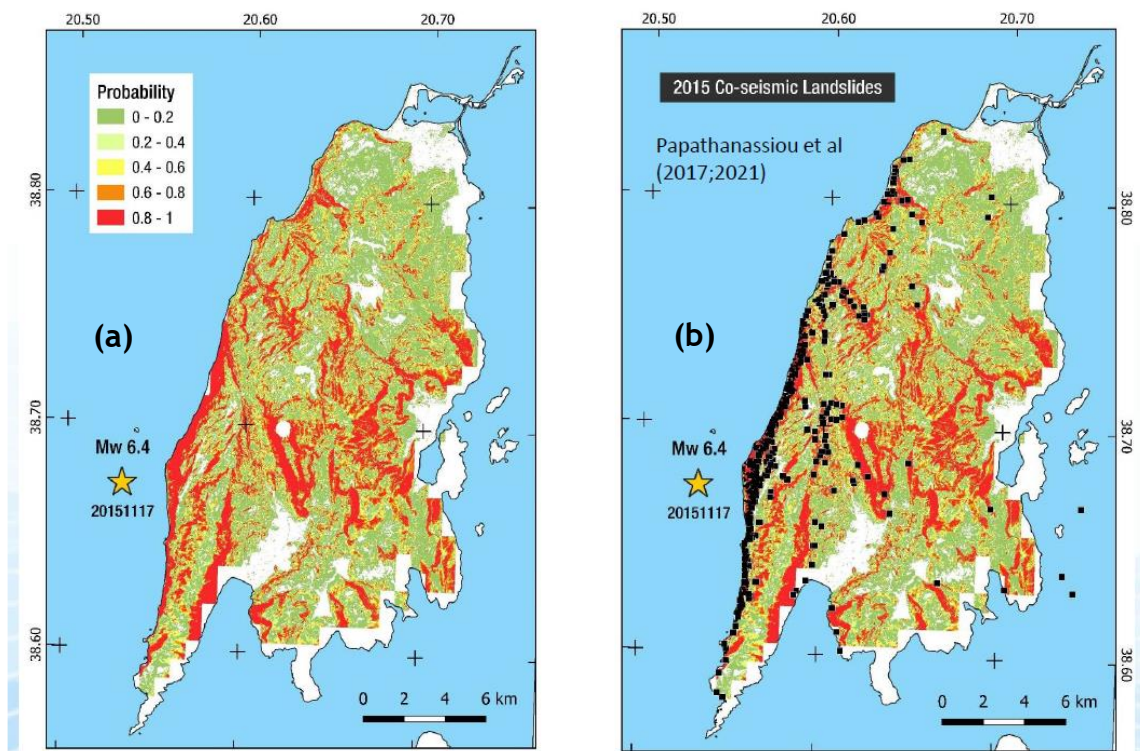
Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	8 of 16



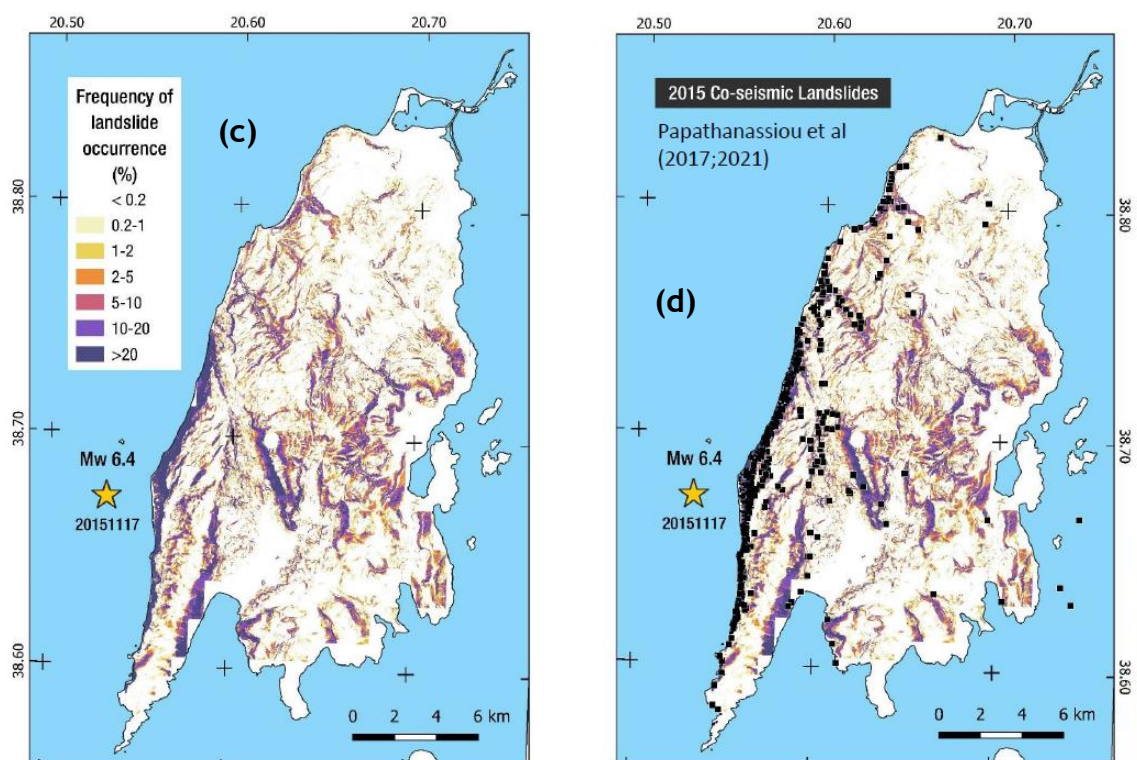
**Scenario:** the November 17th, 2015 Lefkada (Greece) strike-slip Mw 6.4 earthquake



**Figură 1:** Cutremurul din Lefkada (Mw6,4, 17-11-2015) utilizat ca efect declanșator pentru validarea modelului statistic de evaluare a riscului de alunecări de teren (Jessee et al., 2018) încorporat în REDAS (Rapid Earthquake Damage Assessment System)



Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	9 of 16

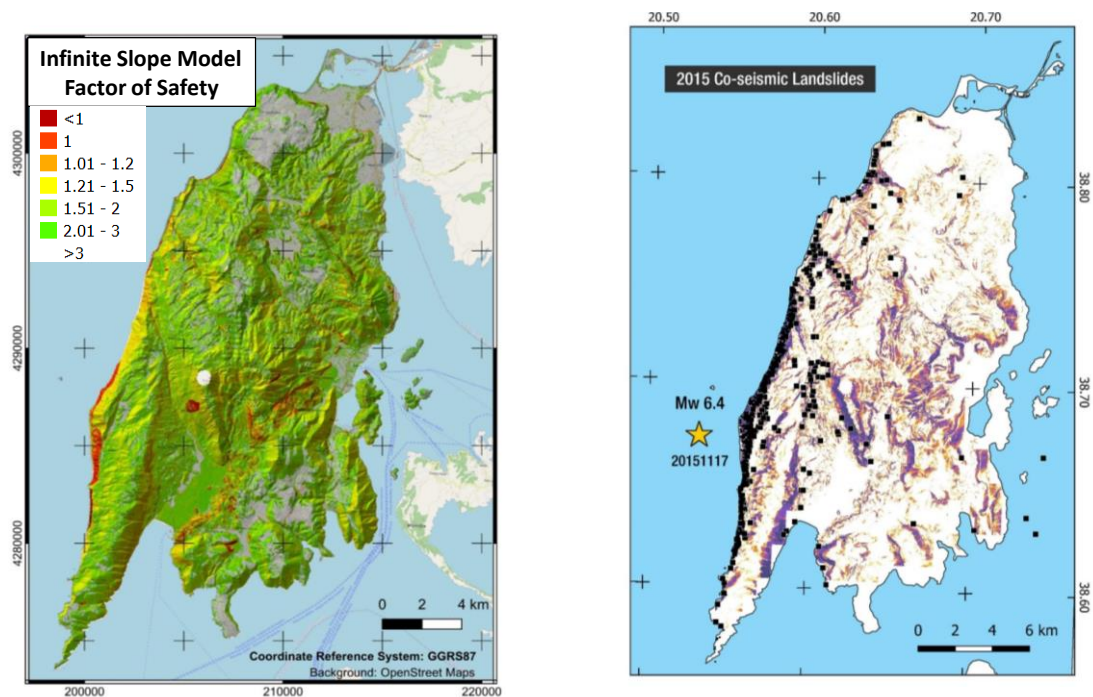


Figură 2 Rezultatul modelului statistic al alunecărilor de teren (Jessee et al., 2018) și validarea cu alunecările de teren co-sismice studiate ca puncte negre (Papathanassiou et al. 2017;2021); (a) vs (b): probabilitatea de apariție a alunecărilor de teren față de alunecările de teren co-sismice studiate și (c) vs (d): frecvența apariției alunecărilor de teren față de alunecările de teren co-sismice cartografiate.

În figura 2 observăm corelația dintre probabilitățile ridicate de alunecare de teren și, de asemenea, a frecvenței de apariție a alunecărilor de teren cu alunecările de teren cartografiate, ceea ce indică o bună performanță a modelului.

Aceleași concluzii sunt, de asemenea, determinate de implementarea și validarea previziunilor modelului de pantă infinită în ceea ce privește factorul de siguranță, așa cum se arată în figura 3.

Deliverable-No: D.T.3.5.1f_RO		Internal - Partners	
Issue: I.02	Date: 31 July 2023	Page:	10 of 16



Figură 3 Rezultatul modelului de pantă infinită pentru condiții umede și grosimea masei de alunecare de 1 m (partea stângă), validat cu rezultatul modelului statistic și cu alunecările de teren cartografiate (partea dreaptă).

În figura 3 se pare, de asemenea, că atât modelele statistice, cât și cele bazate pe fizica oferă rezultate convergente în esență, ambele fiind bine corelate cu alunecările de teren induse de cutremure cartografiate.

#### 4. Înțelegerea, evaluarea și comunicarea riscurilor de alunecări de teren

Informațiile despre alunecările de teren variază în ceea ce privește cantitatea și complexitatea lor, de la inventare detaliate ale alunecărilor de teren din trecut și hărțile de susceptibilitate și de risc rezultate, până la lipsa oricăror informații. Există zone în care oamenii au experimentat în trecut alunecări de teren în zone predispuse la cutremure și au dobândit cunoștințe empirice despre locurile în care ar trebui să evite să construiască și să locuiască. Cu toate acestea, multe zone nu sunt ușor de identificat în ceea ce privește riscul potențial de alunecare de teren, iar cedările de teren nu au loc în mod regulat.

Caracteristicile care ar putea indica mișcarea alunecării de teren sunt prezentate în continuare, așa cum se menționează în Highland și Bobrowsky (2008):

- Izvoare și terenuri umede sau saturate în zonele anterior uscate de pe sau de sub versanți.
- Fisuri în sol - fisuri în zăpadă, gheață, sol sau rocă pe sau la capul pantelor.
- Trotuare sau plăci care se îndepărtează de structuri dacă se află în apropierea unei pante; solul se îndepărtează de fundații.

Deliverable-No: D.T.3.5.1f_RO		Internal - Partners	
Issue: L02	Date: 31 July 2023	Page:	11 of 16

- Linii de garduri decalate, care au fost cândva drepte sau configurate diferit.
- Umflături neobișnuite sau modificări de înălțime ale solului, ale carosabilului, aleilor sau trotuarelor.
- Înclinarea stâlpilor de telefonie, a copacilor, a zidurilor de sprijin, a gardurilor.
- Înclinarea sau fisurarea excesivă a pardoselilor și fundațiilor din beton.
- Conducte de apă și alte utilități subterane rupte.
- Creștere sau scădere rapidă a nivelului apei din cursurile de apă.
- Uși și ferestre lipite și spații deschise vizibile, ceea ce indică faptul că pereții și cadrele se deplasează și se deformează.
- Scârțâituri, pocnituri sau pocnituri de la o casă, o clădire sau o livadă de copaci.
- Drumuri sau poteci scufundate sau înfundate.

Caracteristicile de mai sus ar putea fi folosite ca indici pentru o zonă predispusă la alunecare odată ce apare unul dintre efectele declanșatoare.

Potrivit lui Highland și Bobrowsky (2008), transpunerea cu succes a informațiilor privind riscurile de alunecare de teren într-o informație practică și utilă pentru publicul nespecializat, transmite următoarele elemente:

- Probabilitatea apariției unui eveniment care ar putea cauza victime, daune sau perturbarea unui standard de siguranță existent.
- Locul și amploarea preconizate ale efectelor evenimentului asupra solului, structurilor sau activității socioeconomice.
- Gravitatea estimată a efectelor asupra solului, a structurilor sau a activității socioeconomice.

Cele de mai sus sunt necesare deoarece inginerii, planificatorii și factorii de decizie vor ignora de obicei un pericol potențial dacă probabilitatea acestuia este rară, dacă locația sa este necunoscută sau dacă gravitatea sa este redusă. Pentru ca un produs să se califice drept informație utilă privind pericolele, utilizatorul non-tehnic trebuie să fie capabil să perceapă probabilitatea, locația și gravitatea pericolului, astfel încât să devină conștient de pericol, să fie capabil să comunice riscul potențial altora și să poată utiliza direct informațiile traduse pentru a reduce o amenințare.

Evaluarea riscului de alunecare de teren poate fi apreciată în diferite moduri; este întotdeauna recomandabil să se consulte un expert, chiar dacă nu este întotdeauna posibil. Cu toate acestea, sunt discutate două tipuri de evaluare a pericolului de alunecare de teren: observarea directă și utilizarea instrumentelor tehnologice, cum ar fi: analiza hărților, recunoașterea aeriană, recunoașterea pe teren, forajul, instrumentarea, măsurătorile geofizice, imaginile acustice, etc.

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	12 of 16

Autoritățile locale pot să sensibilizeze publicul la riscul de alunecări de teren și să prevină alunecările de teren în diferite moduri, cum ar fi cele propuse de Highland și Bobrowsky (2008) în cadrul USGS:

- Buletine de ziar/anunțuri.
- Broșuri de servicii publice distribuite din ușă în ușă sau afișate în locuri publice.
- Discuții în cadrul reuniunilor comunitare.
- Afișe în clădirile publice și (sau) în piețe, cu cât mai multe informații vizuale posibil.
- Anunțuri în mass-media prin radio, televiziune, internet sau alte mijloace.
- Prelegeri publice susținute de experți sau de alți oficiali.
- Afișarea de panouri în zonele de pericol, care să informeze oamenii despre tipul de pericol și să îi avertizeze să fie precauți.
- Un site internet local este o sursă utilă de informații despre siguranță, precum și de numere de telefon și e-mailuri de contact pentru personalul de urgență.
- Desfășurarea de programe de educare și informare a publicului prin intermediul întâlnirilor comunitare, al consiliului municipal sau al altor consilii.
- Adoptarea și aplicarea unor politici adecvate de utilizare a terenurilor, cum ar fi: discuții cu proprietarii de terenuri, dezvoltatorii, cumpărătorii și vânzătorii.
- Monitorizarea modificărilor în cazul pantelor instabile și luarea de măsuri adecvate.
- Construirea de proiecte de străzi și canalizare care să răspundă nevoilor locale de siguranță.
- Informați-vă cu privire la programele de asigurare disponibile și la problemele de răspundere civilă.
- Să aibă un plan de intervenție în caz de urgență pentru comunitate.

## 5. Hărți de risc de lichiefiere

Lichefierea este un fenomen prin care rezistența și rigiditatea unui sol sunt reduse în urma unui cutremur. Lichefierea și fenomenele conexe au fost responsabile de pagube importante în cutremurele istorice din întreaga lume.

Lichefierea apare în solurile saturate, libere, necoezive, neplastice sau cu plasticitate scăzută (nisipuri, nisipuri nisipoase, nămoluri, nămoluri argiloase), adică soluri în care spațiul dintre particulele individuale este complet umplut cu apă. Această apă exercită o presiune asupra particulelor de sol care influențează cât de strâns sunt presate particulele însele. Înainte de un cutremur, presiunea apei (presiunea porilor) este relativ scăzută. Cu toate acestea, cutremurul poate provoca creșterea presiunii apei până la punctul în care particulele de sol se pot mișca cu ușurință una față de cealaltă, anulând frecarea dintre granule și anulând astfel rezistența la forfecare a acestor soluri (figura 4). Lichefierea poate provoca daune grave sau chiar distrugerea completă a clădirilor și a infrastructurii (figura 5).

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	13 of 16



Figură 4 "Valuri" de sol lichefiat (stânga) și zona puternic lichefiată (dreapta). Fotografii de la cutremurul din Noua Zeelandă din Christchurch (M6.3, 21-2-2011), sursa: <http://www.nzherald.co.nz>.

Adeesea, daunele provocate clădirilor de cutremure se datorează cedărilor solului sau fundației clădirii (figura 5). Cazurile de tasare diferențială a fundației pot duce la deteriorări semnificative ale suprastructurii, în timp ce fenomene mai ample, cum ar fi lichefierea solului, ar putea duce la cedarea globală a construcției.

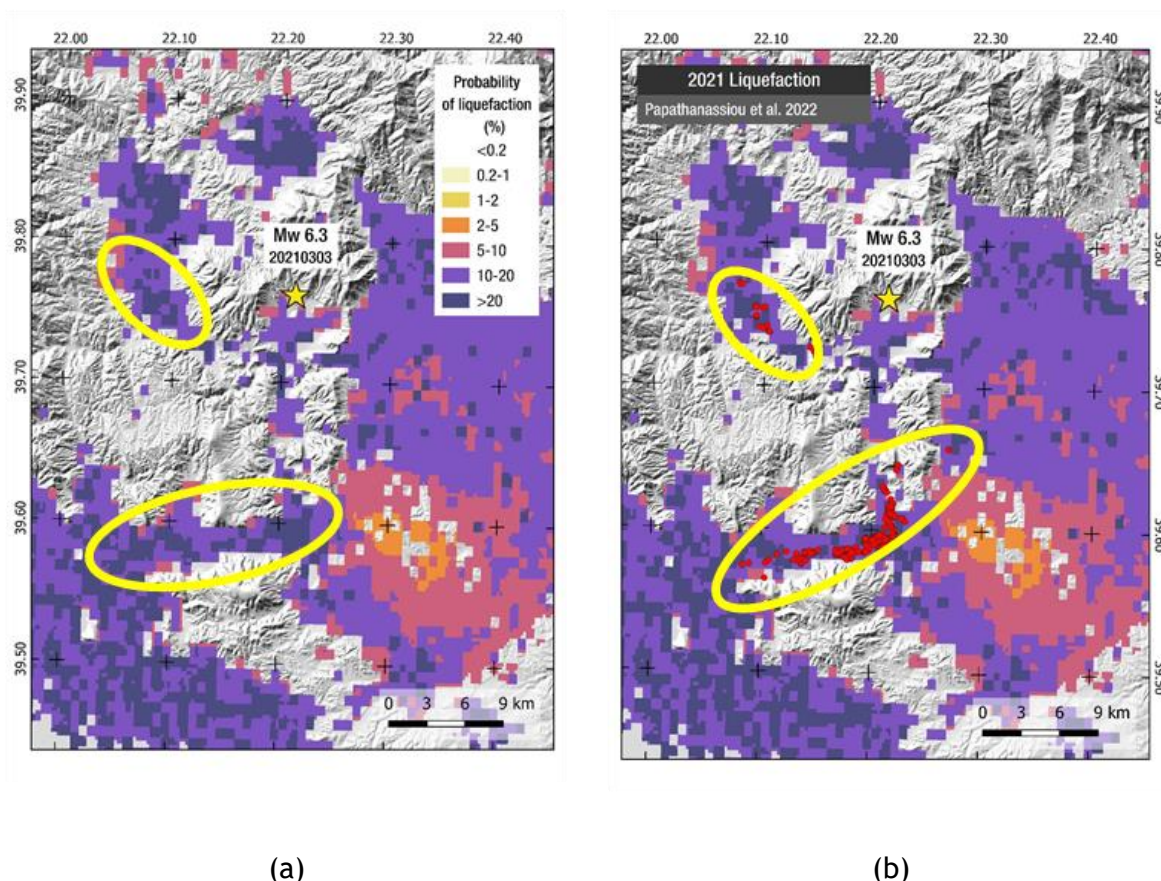


Figură 5 (stânga) Prăbușirea clădirilor din cauza lichefierii solului în timpul cutremurului din 1964 din Niigata, Japonia (foto: Joseph Penzien), (dreapta) Deplasare verticală cu înclinare semnificativă a clădirii din Adapazari Türkiye, 17-8-1999.

Hărțile de risc de lichefiere arată probabilitatea de lichefiere și sunt concepute pentru a oferi protecție civilă, publicului larg, planificatorilor de amenajare a teritoriului, proprietarilor de utilități și de linii de viață, precum și agenților de intervenție în caz de urgență, instrumente noi și mai bune pentru a evalua riscul de daune provocate de cutremure. Lichefierea solului indusă de cutremur este un risc secundar important în timpul cutremurelor și poate duce la daune semnificative pentru infrastructură. Cartografierea

Deliverable-No: D.T.3.5.1f_RO		Internal - Partners	
Issue: I.02	Date: 31 July 2023	Page:	14 of 16

riscului de lichiefiere este importantă atât pentru planificarea evenimentelor seismice, cât și pentru orientarea eforturilor de ajutorare prin poziționarea resurselor după ce evenimentele au avut loc. Există două aspecte ale cartografierii riscului de lichiefiere la scară regională: 1) cartografierea predictivă a pericolului de lichiefiere și 2) catalogarea post-lichiefiere. În primul rând, cartografierea predictivă actuală a pericolului de lichiefiere se bazează pe hărți geologice detaliate și pe date geotehnice, care nu sunt întotdeauna disponibile în regiunile cu risc. Cartografierea predictivă a pericolului de lichiefiere se bazează pe modelele geospațiale de lichiefiere care prezic extinderea lichiefierii și sunt adecvate pentru o aplicare globală. Modelele geospațiale de lichiefiere sunt dezvoltate cu ajutorul regresiei logistice dintr-o bază de date privind lichiefierea, care cuprinde date de la 27 de cutremure din șase țări. Modelul care funcționează cel mai bine pe întregul set de date (Zhu et al., 2017) include viteza maximă a solului (PGV), VS30, distanța până la cel mai apropiat râu (dr), distanța până la cea mai apropiată coastă (dc) și precipitațiile (medie anuală). Modelul care funcționează cel mai bine pe setul de date noncostiere include PGV, VS30, adâncimea pânzei freatice (wtd), distanța până la corpul de apă (dw) și precipitațiile (medie anuală). Hărțile de risc de lichiefiere descriu probabilitatea de lichiefiere și extinderea spațială a lichiefierii.



**Figură 6 (a) harta predictivă a pericolului de lichiefiere pentru zona râului Pineios, care descrie probabilitatea de lichiefiere pe baza modelului de regresie Zhu et al. (2017), (b) validarea pericolului de lichiefiere predictiv (Zhu et al., 2017) față de locațiile de lichiefiere**

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	15 of 16

*cercetate, delimitate de curbe eliptice de culoare galbenă (Papathanassiou et al., 2022).  
Validarea s-a bazat pe cutremurul din Thessalia (Mw6.3, 3-3-2021).*

## 6. Referințe

- Highland, L.M., and Bobrowsky, P. (2008). The landslide handbook—A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- Jessee, M. A., Hamburger M. W., Allstadt K., Wald D. J., Robeson S. M., Tanyas H., Hearne M., Thompson E. (2018). A global empirical model for near-real-time assessment of seismically induced landslides. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 123, 1835-1859. <https://doi.org/10.1029/2017JF004494>.
- Nowicki M.A., Wald D., Hamburger M., Hearne M., Thompson E. (2014). Development of a globally applicable model for near real-time prediction of seismically induced landslides. *Engineering Geology*, 173, pp. 54-65.
- Papathanassiou G., Valkaniotis S., Ganas A., Grendas N., Kollia E. (2017). The November 17th, 2015 Lefkada (Greece) strike-slip earthquake: Field mapping of generated failures and assessment of macroseismic intensity ESI-07., *Engineering Geology*, 220, pp. 13-30.
- Papathanassiou G., Valkaniotis S., Ganas A. (2021). Spatial patterns, controlling factors, and characteristics of landslides triggered by strike-slip faulting earthquakes: case study of Lefkada island, Greece., *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 80:3747-3765 <https://doi.org/10.1007/s10064-021-02181-x>.
- Papathanassiou G., Valkaniotis S., Ganas A., Stampolidis A., Rapti D., Caputo R. (2022) Floodplain evolution and its influence on liquefaction clustering: The case study of March 2021 Thessaly, Greece, seismic sequence, *Engineering Geology*, Volume 298, 106542.
- Zhu J., Baise L. G. and Thompson E. M. (2017). An updated geospatial liquefaction model for global application. *Bulletin of the Seismological Society of America* 107(3): 1365-1385.

Deliverable-No: <b>D.T.3.5.1f_RO</b>		<b>Internal - Partners</b>	
Issue: <b>I.02</b>	Date: 31 July 2023	Page:	16 of 16